

SZOTE Élettani Intézet és Számítástechnikai Központ

Az alvás-ébrenlét ciklus ritmicitásának vizsgálata.

Feltételes valószínűségek

Benedek György, Török Rozália, Nagy Elemérné,
Obél Ferenc jr.

Az állati magatartás, annak experimentális, farmakológiai befolyásolásának vizsgálatában az utóbbi időben egyre inkább teret nyer az alvás-ébrenlét ciklusok vizsgálata. Az EEG ugyanis a magatartási jelenségeknek csak igen szűk körében mutat specifikus, megbízható változásokat, míg fiziológiai változékonysága jelentősen szélesebb körű, hogy azt statisztikai kritériumok alapjává lehetne tenni. Egyre hosszabb és hosszabb szakaszok regisztrálása válik szükségessé a rövidebb-hosszabb ciklusok ismeretében. Egyre nagyobb súlyt kap a 24 órás regisztrátumok iránti igény.

Az eredmények kiértékelésekor az alvás-ébrenlét ciklus fázisainak változása az a paraméter, melyen egy kísérletes beavatkozás hatását le lehet mérni. Ily módon felmerül azon statisztikai módszerek alkalmazásának szükségessége, melyek segítségével jellemezni lehet a

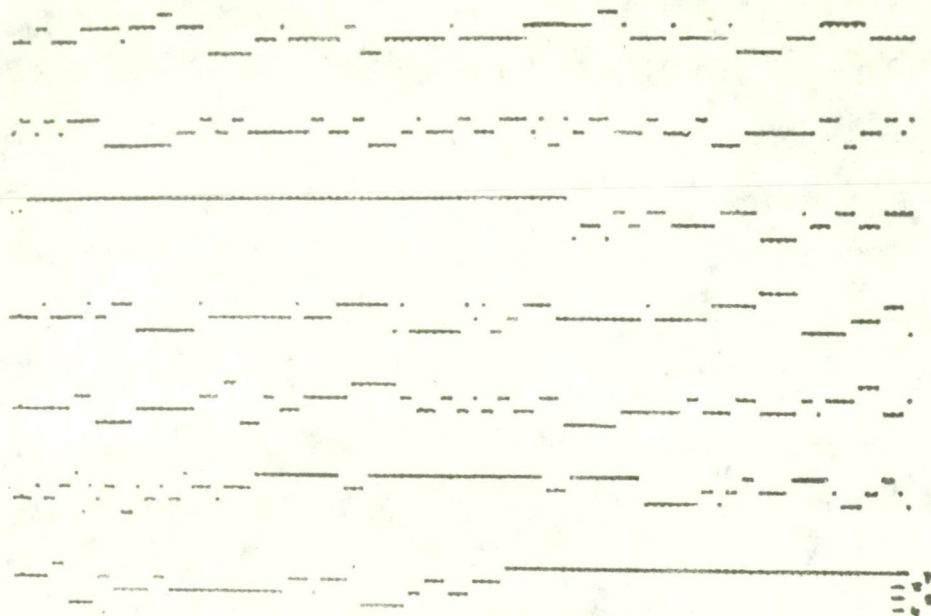
létrejött változásokat. A legkézenfekvőbb megoldás az egyes stádiumok előfordulási gyakoriságának mérése. Ez biztos mutatója például egy farmakológiai hatásnak, de ugyanakkor semmit sem mond az alvás-ébrenlét folyamat dinamikájáról, mert például pontosan ugyanannyi alvás és ébrenlét stádium fedhet egy-két, de három különálló ciklust is.

Előadásunkban egy olyan programot szeretnénk ismertetni, melynek segítségével feltárható az alvás-ébrenlét folyamat dinamikája. A program kiindulópontjaként 24 órán keresztül felvett EEG felvétel szolgál, melyet mindenekelőtt éjszakai és nappali 12 órára osztottunk. Az EEG-t vizuális analízis alapján 30 másodpercenként az alvás-ébrenlét ciklus négy stádiumának megfelelően beosztottuk.

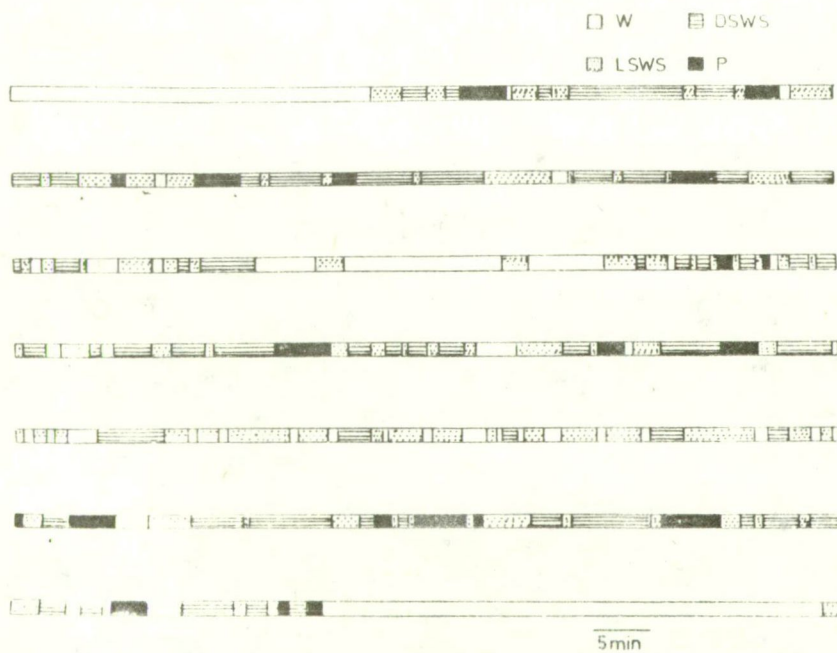
1. stádium: az ébrenlét állapota /W/, 2. stádium: a felületes lassu hullámu alvás /LSWS/, melyet a kortikális elvezetésekben különállóan megjelenő orsók jellemeznek, 3. stádium: a mély lassu hullámu alvás, melyet folyamatos orsó és lassu hullámu tevékenység jellemez /DSWS/, és végül 4. stádium vagy paradox alvás /P/: az alvás, mely alatt a kérgi elektromos tevékenység ébrenlétre hasonlít, az izomaktivitás teljes hiánya mellett.

A patkányok alvás-ébrenlét ciklusában lényegesen kevesebb szabályosság van, mint az ember alvás-ébrenlét ciklusában /1. ábra/. Első ránézésre a görbe analízisére az EEG analízisben használatos frekvenciaértékelő eljárások hasznosíthatónak látszanak. Mindazonáltal, nem beszélhetünk itt az EEG-hez hasonló görbéről, tekintettel arra, hogy például a paradox alvásra nehéz lenne megmondani, hogy mélyebb, vagy felületesebb alvás-e, mint a mély lassu hullámu alvás, sőt még a felületes lassu hullámu alvásról is sikerült Ursinnak kimutatni, hogy nem a mély lassu hullámu alvás quantitativ felületesebb formája, hanem egy eltérő transzmitter mechanizmus által szabályozott alvásstádium. Ilyen alapon az alvásstádiumok változását nem annyira lépcsős függvénnyel, hanem például színek egymásutánjával lehetne jobban reprezentálni /2. ábra/. A fázisok egymásba való átmenetei dinamikájának meghatározására a következő gondolatmenetet követtük. Feltesszük a kérdést, hogy mi a valószínűsége annak, hogy egy $t + \tau$ időpontban B esemény következzen be, feltételezve, hogy t időpontban A esemény következett be. A "B" esemény bekövetkezésének valószínűségét az (1) képlet adja meg.

$$P(B_{t+\tau} | A_t) = \frac{P(B_{t+\tau}, A_t)}{P(A_t)} \quad (1)$$
$$P(B_{t+\tau} | A_t) = \frac{K_{B_{t+\tau}, A_t}}{K_{A_t}}$$



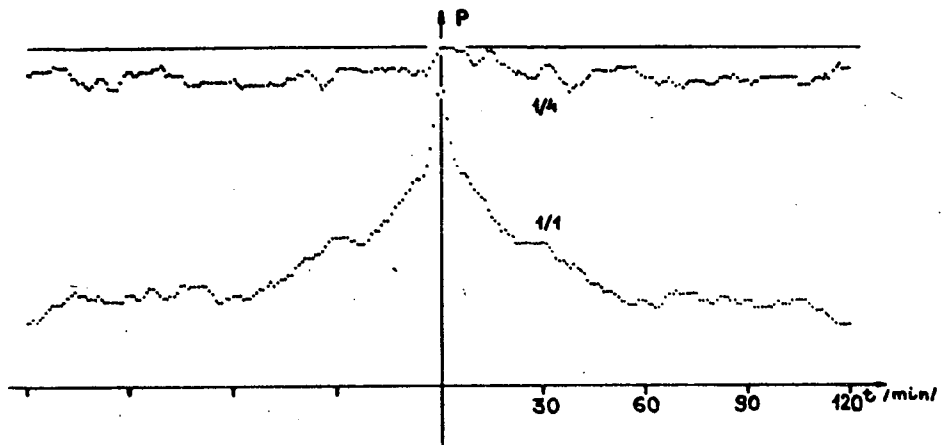
1. ábra



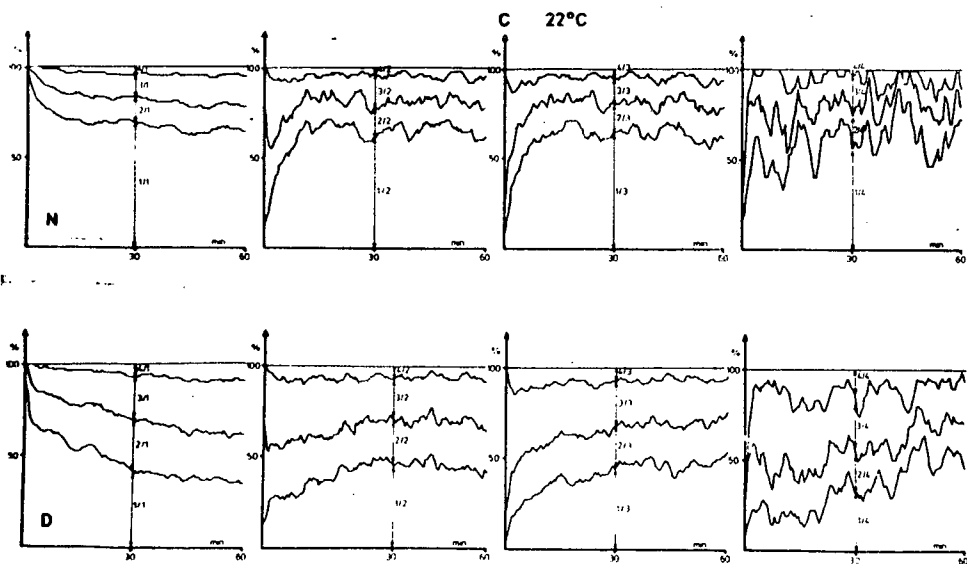
2. ábra

A különböző időpontokban megkapott relatív gyakoriságok megadják az időbeli feltételes valószínűségek függvényét, mely megadja pl: /3. ábra/ az 1. és 4. stádiumok előfordulási valószínűségét egy t_i időpontban, amikor a T_0 időpontban egyes stádium előfordulását feltételeztük. A pozitív és negatív időeltolásban felvett görbék leginkább az autokorrelációs függvényekre hasonlítanak, amennyiben egy kvázi szimmetrikus görbe T_0 időpontbeli értéke 1. Fiziológiai értelemben fordítva a görbe jelentését, azt látjuk, hogy amennyiben egy időpontban ébrenlét fordul elő, az elkövetkező 10 percben igen kicsire csökken annak a valószínűsége, hogy ismét ébrenlét forduljon elő, mely megfigyelés megfelel a patkányok alvása gyorsan változó karakterének. Ugyanakkor a feltételes valószínűségi görbe bizonyos ciklicitást is mutat, melyből az alvás-ébrenlét folyamat ritmicitására lehet becslést tenni. Ez a ritmus a szokványos ébrenlét, illetve paradox alvás-paradox alvás ritmusoknál hívebben tükrözi a ciklicitást.

Az ébrenlét-ébrenlét átmeneteknél némileg eltérő információt nyújtanak az 1. stádium-4. stádium, vagyis az ébrenlét-paradox alvás átmenetek. Ez a valószínűségi függvény azt mutatja, hogy ha T_0 időpontban ébrenlét van, mi lesz annak a valószínűsége, hogy egy pozitív, illetve negatív T_i időpontban paradox stádium fordul-



3. ábra



4. ábra

jon elő. Látható, az itt is jelenlévő ciklusok mellett, hogy míg az ébrenlét után egy rövid ideig igen kicsi a valószínűsége, hogy paradox alvás forduljon elő, ami észszerűnek tűnik, addig ébrenlét előtt lényegesen magasabb a valószínűsége, hogy paradox alvás forduljon elő, ami megfelel annak a ténynek, hogy paradox alvás után mindig 1-2 percen belül ébrenlét következik.

Figyelembevétel a következő egyenletet:

$$P(W_{t+\tau}|W_t) + P(LWS_{t+\tau}|W_t) + P(DWS_{t+\tau}|W_t) + P(P_{t+\tau}|W_t) = 1 \quad (2)$$

mely azt fejezi ki, hogy mivel az EEG-nek bármely 30 másodperces időszaka a négy stádium valamelyikének felel meg, ezért az ébrenlét, felületes lassu hullámu alvás és mély lassu hullámu alvás előfordulási valószínűségeinek összege minden időpontban 1-et ad. Ez az egyenlőség lehető teszi, hogy a különböző stádiumok előfordulási valószínűségeit egy koordináta rendszerben ábrázoljuk. Ezek az összetett időbeli átmeneti valószínűségek most már jellemzőek lesznek egy állat egy időszakban nyújtott magatartására.

Illusztrálásképpen bemutatjuk egy patkány valószínűségi függvényeit nappal /D/ és éjszaka /N/ folyamán /4. ábra/. Feltűnő az éjszaka folyamán az ébrenlét előfordulásának nagyobb valószínűsége, ami megfelel a patkányok éjszaka fokozott aktivitásának.

A program a valószínűségek időbeli függvényei mellett megadja:

1. Az egyes stádiumok előfordulásának gyakoriságát.
2. A ciklushosszakat, vagyis az első ébrenléti szakasztól a következő alvás utáni ébrenléti szakaszig eltelt időt.
3. Az epizódhosszakat, vagyis egy homogén stádium hosszát.

A vázolt programmal kapott eredményeinkről a Magyar EEG Társaság 1978. évi Vándorgyűlésén számoltunk be.

Programunkat az érdeklődőknek készséggel rendelkezésére bocsátjuk.